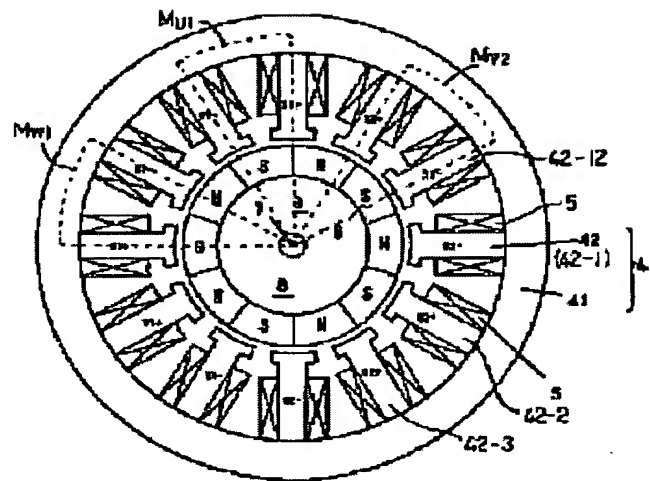


P03NM-078US

**Report a data error here**

**PURPOSE:** To provide a multiphase multiplex motor which facilitates the size reduction and the weight reduction, produces little torque ripples and has a fail-safe function.

**CONSTITUTION:** A rotor 3 is composed of a yoke 8 which has a shaft 7 as a center axis and permanent magnets 6 arranged around the yoke 8. A stator core 4 is composed of an annular stator yoke 41 and stator teeth 42. Only one winding among respective armature windings U1+, U1-, V1+, V1-, W1+ and W1- of which first 3-phase stator windings are composed and respective armature windings U2+, U2-, V2+, V2-, W2+ and W2- of which second 3-phase stator windings are composed is applied to each stator tooth 42. For instance, a magnetic path MU1 produced by the U1+ phase and the U1- phase and an adjacent magnetic path MW1 produced by the W1+ phase and the W1- phase and an adjacent magnetic path MV2 produced by the V2+ phase and the V2- phase do not have a common magnetic path in a space formed between the respective stator teeth 42 and the rotor 3.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-264822

(43)公開日 平成7年(1995)10月13日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 2 K 21/12

識別記号

M

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数11 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-72956

(22)出願日 平成6年(1994)3月18日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(71)出願人 000228730

日本サーボ株式会社

東京都千代田区神田美土代町7

(72)発明者 田島 文男

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 川又 昭一

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 弁理士 平木 道人

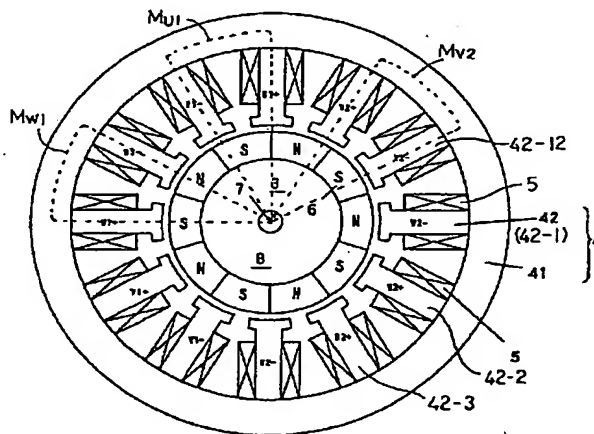
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多相多重化電動機

(57)【要約】

【目的】 小型・軽量化が可能であり、かつトルク脈動が小さくフェールセーフ機能を有する多相多重化電動機を提供する。

【構成】 回転子3は、シャフト7を中心軸とするヨーク8の周囲に永久磁石6を配列して構成されている。固定子鉄心4は、円環状の固定子ヨーク41および固定子歯部42から構成されている。各固定子歯部42には、第1の3相固定子巻線を構成する各電機子巻線U1+, U1-, V1+, ...W1-, および第2の3相固定子巻線を構成する各電機子巻線U2+, U2-, V2+, ...W2-のいずれか1つのみが巻回され、例えばU1+相およびU1-相による磁路Mu1と、これに隣接するW1+相およびW1-相による磁路Mw1およびV2+相およびV2-相による磁路Mv2とは、各固定子歯部42と回転子3との間に形成される空隙面で磁路を共用しない。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 予定の位相差で励磁される複数の巻線からなる多相固定子巻線を多重に備えた多相多重化電動機において、

回転子の周囲に配置された固定子と、  
前記固定子に設けられ、前記回転子との間に予定の間隙を保って配置された複数の固定子歯部と、  
各固定子歯部のそれぞれに巻回された巻線とを具備し、  
前記各固定子歯部には、多相および多重化された各巻線のいずれか 1 つのみが選択的に巻回されることを特徴とする多相多重化電動機。

【請求項 2】 予定の位相差で励磁される複数の巻線からなる多相固定子巻線を多重に備えた多相多重化電動機において、

回転子の周囲に配置された固定子と、  
前記固定子に設けられ、前記回転子との間に予定の間隙を保って配置された複数の固定子歯部と、  
各固定子歯部のそれぞれに巻回された巻線とを具備し、  
一の巻線と他の一卷線とは、回転子と各固定子歯部との間隙において磁路を共用しないことを特徴とする多相多重化電動機。

【請求項 3】 同相の巻線が巻回された一对の固定子歯部は、相互に隣接配置されたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の多相多重化電動機。

【請求項 4】 同相の巻線が巻回された一对の固定子歯部は、回転子を挟んで相互に対向配置されたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の多相多重化電動機。

【請求項 5】 前記多重化された各多相固定子巻線は、それぞれ同一構成の制御装置によって駆動制御されることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の多相多重化電動機。

【請求項 6】 前記多重化された各多相固定子巻線は、それぞれ共通の制御装置によって駆動制御されることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の多相多重化電動機。

【請求項 7】 前記多重化された多相固定子巻線のいずれかの励磁タイミングを検知するために回転子の回転位置を検出する唯一の回転位置検出手段と、  
前記回転位置の検出結果に基づいて、多重化された他の多相固定子巻線の励磁タイミングを算出する手段とを、  
さらに具備したことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の多相多重化電動機。

【請求項 8】 前記多重化された多相固定子巻線のいずれかの制御タイミングを検知するために、回転子の回転に応じて各巻線に誘起される起電力を検出し、これに基づいて回転子の回転位置を検出する手段を、さらに具備したことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の多相多重化電動機。

【請求項 9】 前記唯一の回転位置検出手段は、相数が  $m$  ( $m > 4$ ) のとき、 $i$  個 ( $m > i > m/2$ ) の磁極セ

ンサを、予定の間隔で配置して構成されることを特徴とする請求項 7 に記載の多相多重化電動機。

【請求項 10】 前記回転子は永久磁石回転子であり、当該永久磁石回転子の磁極数を  $P$ 、多相多重化された巻線数を  $M$  とした時、両者の比は  $3n \pm 2 : 3n$  ( $n$  は 4 の倍数) および  $3n \pm 1 : 3n$  ( $n$  は正の整数) のいずれかであることを特徴とする請求項 1 ないし 9 のいずれかに記載の多相多重化電動機。

【請求項 11】 前記多相多重化電動機は、3 相 2 重化電動機であることを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれかに記載の多相多重化電動機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、多相巻線を多重化してなる多相多重化電動機に係り、特に、多相化および多重化された各巻線が、回転子と固定子との間隙で磁路を共用しないようにした多相多重化電動機に関する。

## 【0002】

【従来の技術】多相巻線を多重化して構成された多相多重化電動機の駆動制御方式に関しては、例えば特公平 4 - 1 7 0 3 6 号に記載されている。ここでは従来技術として、30 度だけ位相シフトされた二組の (2 重化された) 3 相巻線に、独立した制御装置によって位相の異なる電流を供給する制御方式が開示 (開示例 1) されている。また、その実施例としては、2 重化された 3 相巻線を独立した制御装置で同一の制御信号によって同相制御する方式が開示 (開示例 2) されている。なお、上記した構成の多相多重化電動機では、一般的に多重化数に応じた組数の磁極位置検出器が設けられる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記した開示例 1 では、多相巻線の多重化によってフェールセーフ性を高めることができ、また各巻線が異なった位相で駆動されるため電流制御系が安定し、トルク脈動を低減することができる。しかしながら、位相の異なる電流を供給し、かつ多重化された巻線間の電流制御系を安定化させるためには、独立した制御装置間にリアクトルが必要となり、装置の大型化、複雑化を余儀無くされるという問題があった。

【0004】また開示例 2 でも、多相巻線の多重化によってフェールセーフ性を高めることができるが、多重化された各多相巻線が、回転子と固定子との間隙で磁路を共用して相互に磁氣的に結合しているために、相互に影響しあって電流制御系を乱し、脈動トルクが発生しやすいという問題があった。さらには、多重巻線間の位相が同相であることからトルク脈動が大きいという問題があった。

【0005】本発明の目的は、上記した従来技術の問題点を解決し、小型・軽量化が可能であり、かつトルク脈動が小さくフェールセーフ機能を有する多相多重化電動

機を提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明では多相多重化電動機において、回転子の周囲に配置された固定子と、回転子との間に予定の間隙を保って配置された複数の固定子歯部と、各固定子歯部のそれぞれに巻回された巻線とを設け、前記各固定子歯部には、多相および多重化された各巻線のいずれか1つのみが選択的に巻回されるようにした点に特徴がある。

#### 【0007】

【作用】上記した構成によれば、各固定子歯部にはいずれかの相の巻線のみが選択的に巻回され、各固定子歯部と回転子3との間に形成される空隙面では、他の固定子歯部に巻回された巻線による磁路は形成されないで、前記各空隙面では、複数の異なった巻線による磁路がオーバーラップすることがない。したがって、他の巻線との相互インダクタンスを小さくすることが可能になる。

#### 【0008】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を詳細に説明する。図1は、本発明の第1実施例である多相多重化電動機の、回転シャフト7に垂直な平面での断面図であり、ここでは、U、V、Wの3相固定子巻線を2重（それぞれを添字1および添字2で区別）に備えた3相2重化電動機の構成を示している。

【0009】同図において、回転子3は、シャフト7を中心軸とするヨーク8の周囲にS極およびN極の永久磁石6を5個づつ交互に計10個配列して構成されている。一方、固定子鉄心4は、円環状の固定子ヨーク41および固定子歯部42から構成されている。各固定子歯部42-1、42-2、…42-12には、後に図4に関して説明する第1の3相固定子巻線5-1を構成する各電機子巻線U1+、U1-、V1+、V1-、W1+、W1-、および第2の3相固定子巻線5-2を構成する各電機子巻線U2+、U2-、V2+、V2-、W2+、W2-のいずれかのみが一相づつ選択的に巻回されている。

【0010】ここで、3相固定子巻線5の各相を構成する2つの巻線、例えば第1の3相固定子巻線5-1のU相であればU1+とU1-とでは、電気角で30度の位相差を有する。また、第1および第2の3相固定子巻線5-1、5-2間の位相差は電気角で180度であり、これは巻方向を反転することによって達成することが出来る。

【0011】このような構成によれば、例えばU1+相およびU1-相による磁路MU1と、これに隣接するW1+相およびW1-相による磁路MW1およびV2+相およびV2-相による磁路MV2とは、各固定子歯部42と回転子3との間に形成される空隙面で磁路を共用することがないので、各巻線間での相互干渉がない。

【0012】図2は、上記回転子3および固定子鉄心4からなる多相多重化電動機の回転シャフト7に沿った平

面での断面図であり、固定子鉄心4はハウジング16の内周面に固定され、回転子3はハウジング16のエンドブラケット17にベアリング18を介して回転自在に軸支されている。回転シャフト7には、位置検出器PS用の磁石PSMAGおよびエンコーダEが同軸状に設けられている。このような構成では、回転子3の回転位置は、これと同軸状に固定された磁石PSMAGの回転位置を一組の磁極センサHU、HV、HW（図2では図示を省略、図3を参照）で検出することにより行われる。

【0013】図3は、前記位置検出器PSにおける磁石PSMAGと一組の磁極センサHU、HV、HWとの相対的な位置関係を表した図であり、磁石PSMAGの外周部分には、第1の3相固定子巻線5-1を構成する各電機子巻線U1+、U1-、V1+、V1-、W1+、W1-と対向する位置に、3つの磁極センサHU、HV、HWが配置されている。なお、本実施例では第1の3相固定子巻線5-1および第2の3相固定子巻線5-2が同相制御されることから、第2の3相固定子巻線5-2を構成する各電機子巻線U2+、U2-、V2+、V2-、W2+、W2-に関する位置検出器（磁極センサHU、HV、HW）は不要である。

【0014】図4は、当該電動機の制御系の構成を示したブロック図であり、ここでは、各3相固定子巻線5-1、5-2が、同一構成の独立した2つのインバータ回路10A、10Bおよび制御回路（12、13、14）により制御される。なお、符号Bを付した各構成の動作は符号Aを付した各構成の動作と同様なので、ここでは符号Aを付した各構成の動作のみを説明する。

【0015】F/V変換器15は、エンコーダEによって検出された回転位置情報 $\theta$ に基づいて回転子3の実際の回転速度 $\omega_f$ を演算する。速度制御回路（ASR）11は、別途に与えられる速度指令 $\omega_s$ と前記実際の速度 $\omega_f$ との速度差 $\omega_e$ を算出すると共に、当該速度差 $\omega_e$ にPI制御（P：比例項、I：積分項）を実行してトルク指令すなわち電流指令 $I_s$ および回転子3の回転角 $\theta_A$ を求め、それぞれ2相-3相変換回路14Aおよび正弦波・余弦波発生器12Aへ出力する。

【0016】正弦波・余弦波発生器12Aは、位置検出器PSの出力信号Ha、Hb、Hcおよび回転角 $\theta_A$ に基づいて、3相固定子巻線5-1の各巻線の誘起電圧と同相の正弦波出力、あるいは必要に応じて位相シフトした正弦波出力を発生する。2相-3相変換回路14Aは、前記電流指令 $I_s$ および正弦波・余弦波発生器12Aの出力信号に応じて、各相に電流指令出力信号 $I_{sa}$ 、 $I_{sb}$ 、 $I_{sc}$ を出力する。

【0017】各相は、それぞれ個別に電流制御系（ACR）13Aを具備している。各電流制御系13Aは、前記電流指令 $I_{sa}$ 、 $I_{sb}$ 、 $I_{sc}$ および電流検出器CTからの電流検出信号 $I_{fa}$ 、 $I_{fb}$ 、 $I_{fc}$ に基づいて、直流電源9Aから各相に適宜のタイミングで電力が供給されるようにインバータ10Aを制御する。これに

より、各相合成の電流ベクトルが界磁磁束に直角あるいは位相シフトした位置に常に形成されるので、無整流子で直流機と同等の特性を得ることができる。

【0018】図5は、前記図4に関して説明した制御系の主要部の信号波形図であり、同図(a)、(b)は、それぞれ正弦波・余弦波発生器12Aから出力される正弦波信号および余弦波信号であり、同図(c)、(d)、(e)は、それぞれ2相-3相変換回路14Aの出力信号 $I_{sa}$ 、 $I_{sb}$ 、 $I_{sc}$ であり、同図(f)、(g)、(h)は、それぞれ磁極センサHU、HV、HWの出力信号である。

【0019】本実施例では、電流を界磁磁束に直角、すなわち誘起電圧に対して同相に制御した場合の電流指令出力信号を示しており、これらは電気角で120度の位相差を有する正弦波信号となっている。また、この電流指令は、必要に応じて誘起電圧に対して位相シフトさせることができる。

【0020】本実施例によれば、各固定子歯部42にはいずれか1つの相の巻線のみが選択的に巻回され、各固定子歯部42と回転子3との間に形成される空隙面では、他の固定子歯部に巻回された巻線による磁路は形成されない。したがって、他の巻線との相互インダクタンスを小さくすることができ、電流制御系を乱すことがないので、脈動トルクの発生を減じることができる。

【0021】さらに、本実施例では隣り合う巻線を同相に選択するようにしたので、わたり線の交錯の無くすることができ、構成の簡素化、簡単化が可能になる。

【0022】なお、上記した実施例では、多重化された各固定子巻線5-1、5-2ごとに正弦波・余弦波発生器12や2相-3相変換回路14などを設けるものとして説明したが、本実施例では各固定子巻線5-1および5-2が同位相であることから、これらを共通化することも可能である。

【0023】図6は、本発明の第2実施例である3相2重化電動機の、回転軸に垂直な平面での断面図であり、前記と同一の符号は同一または同等部分を表している。

【0024】本実施例では、各3相固定子巻線の各相を構成する2つの巻線、例えば第1の3相固定子巻線5-1のU相であればU1+とU1-とは電気角が同位相で、各3相固定子巻線5-1、5-2間の位相差は電気角で30度である。本実施例では、速度制御系11の出力角 $\theta_A$ 、 $\theta_B$ は30度の位相差をもって出力することが必要である。また、前記図4に関して説明した実施例と同様に、正弦波・余弦波発生器12、2相-3相変換回路14、および電流制御系13は、それぞれ各多相固定子巻線のそれぞれに必要となる。

【0025】本実施例においても、各固定子歯部42にはいずれか1つの相の巻線のみが巻回され、巻線同士が各固定子歯部42と回転子3との空隙面で磁路を共用す

ることがないので、前記第1実施例に比べて構成は多少複雑となるものの、前記と同様の効果を達成することができる。もっとも、各多相の巻線間の電気角は予め決まっているので、一つの多相固定子巻線のみを制御回路(12A、13A、14A)で制御し、他の相は電気角で30度遅らせるように制御すれば、符号12B、13B、14Bで示した他方の制御回路の各構成は省略することができる。

【0026】ところで、上記したように位置検出器PSを一方の3相固定子巻線の上に配置する方式は、特に電流制御系を持たずに直流出力電力のみをPWM(Pulse Width Modulation)によって制御する簡易制御回路を用いる場合に有効である。この場合、一方の3相固定巻線に関する給電の切り替えのタイミングは位置検出器PSによる検出信号に基づいて行い、他方の3相固定巻線に関する給電の切り替えタイミングは、前記検出信号に基づいて算出あるいは推定することにより求めることができる。

【0027】多相巻線の切り替えタイミングの推定は、一つの相の切り替え時間(3相の場合には電気角で60度)さえ測定すれば、他の相の切り替えタイミングは、その区間の回転速度をエンコードEで求めれば計算により求めることができる。このような位置検出器の簡素化は、一般の多相ブラシレスモータの制御にも適用することができる。

【0028】一般に広く使用されている3相構造では、上記したように3個を一組とする磁極センサHU、HV、HWにより通電区間を6モードに分割することができる。一般に $m$ 相( $m > 4$ )固定子巻線の場合には $m$ 個の磁極センサが必要である。しかし、次の通電切り替えタイミングを前回より推定する上記の方式を利用すれば、磁極センサの取付け個数 $i$ は $m > i > m/2$ とすることが可能である。

【0029】このように磁極センサの取付け個数を減じて位置検出器PSを省略あるいは簡素化すると、位置検出器PSからの引出線の本数を少なくすることができるので、電動機と制御回路とを離して据え付けなければならない環境下では特に効果がある。

【0030】なお、上記した第2実施例では、回転子3には10個の永久磁石磁極が設けられ、固定子4には12個の固定子歯部(突極磁極)42が設けられ、各巻線間の電気角の位相差は30度となる。一般に、永久磁石の磁極数 $P$ と固定子歯部数 $M$ との比は $3n \pm 2 : 3n$ 、 $3n \pm 1 : 3n$ ( $n$ は正の整数)にすることで、3相多重のモータの構成が可能になる。図6は、その中で最も簡単な3相2重の構成を示している。

【0031】また、上記した各実施例では、本発明を回転型のモータ駆動に適用した場合について説明したが、永久磁石を利用した電動機装置としては、その他に例えばリニアモータ駆動にも適用することができる。また、

7

制御方式として回転子3の位置に対して正弦波状の電流制御を行う方式について述べたが、電流制御をしない120度通電型のブラシレスモータ方式にも適用できることは言うまでもない。なお、ブラシレスモータの位置検出は電動機の誘起電圧から推定することができる。以上の方式では上記の磁極位置検出器は不要である。この場合には、誘起電圧が一定以上になる回転数までは、外部からの同期信号によってドライブ（低周波同期始動）する必要がある。

#### 【0032】

【発明の効果】上記したように、本発明によれば以下のような効果が達成される。

- (1) 各巻線間の相互インダクタンスを小さくすることができるので、電流制御系が安定に動作し、制御装置の巻線間にリアクトル等を入れる必要も無く、小形化、構成の簡単化が達成される。
- (2) 多重の多相電動機を一組の磁極位置検出器で動作させることができるので、起動時の若干のトルク低下（運転時には変化なし）と引替えに構成の簡単化が達成される。

20

8

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施例である3相2重化電動機の回転軸に垂直な平面での断面図である。

【図2】 図1に示した3相2重化電動機の回転軸に沿った平面での断面図である。

【図3】 位置検出器の概略構成を示した図である。

【図4】 3相多2重化電動機の制御回路のブロック図である。

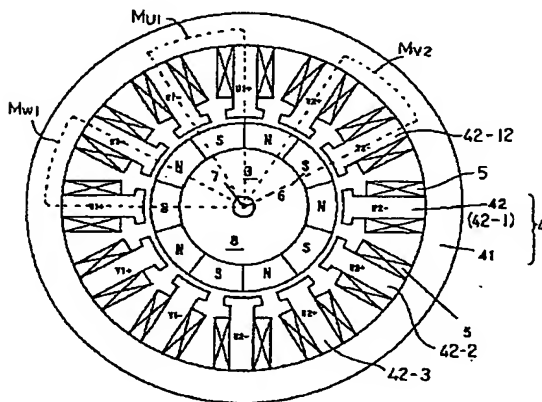
【図5】 図4の主要部の信号波形を示した図である。

10 【図6】 本発明の第2実施例である3相多2重化電動機の回転軸に垂直な平面での断面図である。

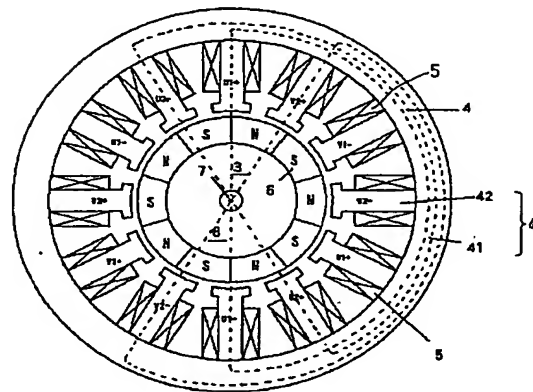
#### 【符号の説明】

1…回転電機、2…固定子、3…回転子、4…固定子鉄心、5…固定子巻線、6…永久磁石、7…シャフト、8…ヨーク、9…直流電源、10…インバータ、11…速度制御回路、12…正弦波・余弦波発生器、13…電流制御系、14…2相-3相変換回路、15…F/V変換器、16…ハウジング、17…エンドブラケット、18…ベアリング、PS…位置検出器、E…エンコーダ

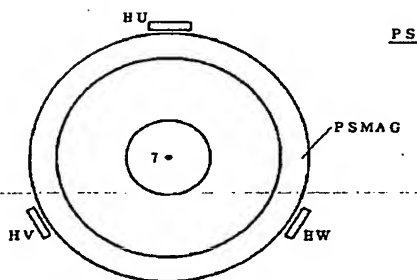
【図1】



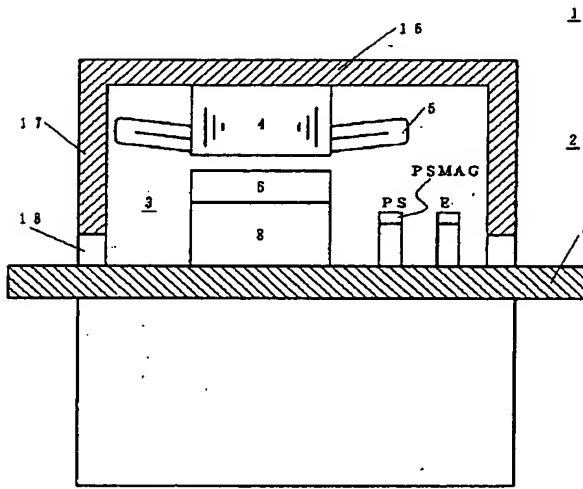
【図6】



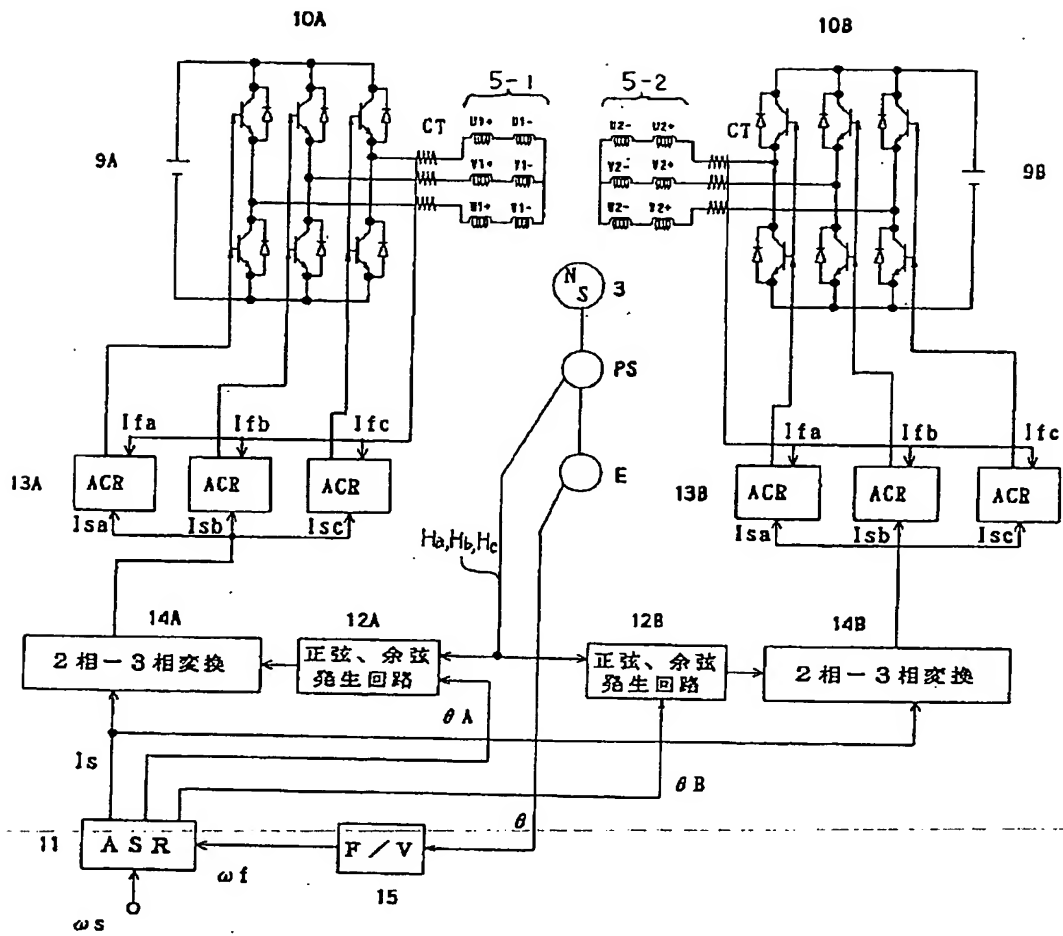
【図3】



【図 2】

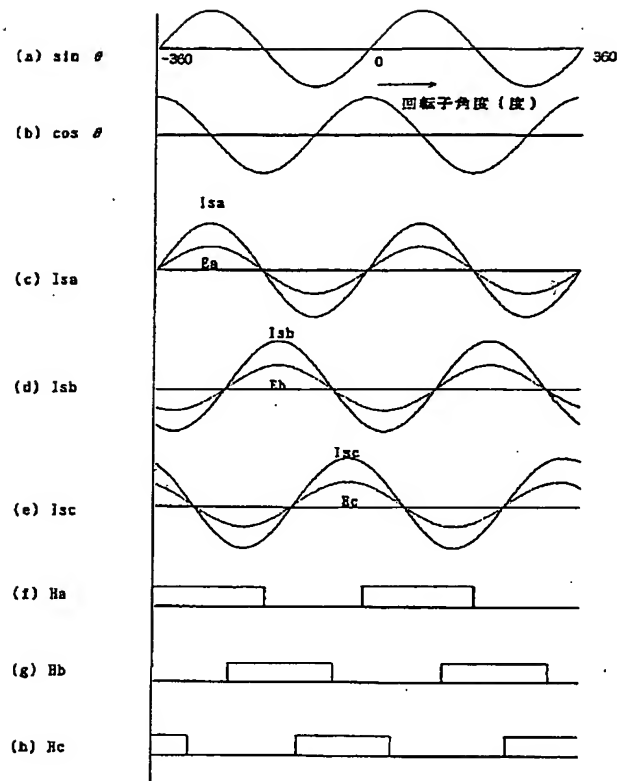


【図 4】



BEST AVAILABLE COPY

【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 大西 和夫  
東京都千代田区神田美土代町7番地 日本  
サーボ株式会社内

(72)発明者 虻川 俊美  
東京都千代田区神田美土代町7番地 日本  
サーボ株式会社内